

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-156447

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl.

G01S 13/34

(21)Application number : 2000-352934

(71)Applicant : WIRE DEVICE:KK

(22)Date of filing : 20.11.2000

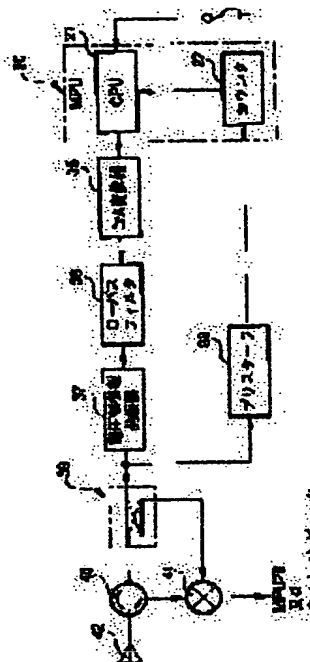
(72)Inventor : NISHIDA KOICHI
KAYANO HAYAE

(54) SWEEP OSCILLATION DEVICE AND FMCW DISTANCE MEASURING INSTRUMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sweep oscillation device and an FMCW distance measuring instrument which can measure a distance with high precision without being made large-sized.

SOLUTION: The sweep oscillation device is equipped with a voltage-controlled oscillator, a frequency measuring means which supplies a stepped-waveform voltage to the voltage-controlled oscillator and measures the current output frequency from the voltage-controlled oscillator, and a control means which calculates an applied voltage for making a sweep speed constant from measured frequencies corresponding to respective stepped-waveform voltages obtained by the frequency measuring means and supplies the applied voltage to the voltage-controlled oscillator, and the FMCW distance measuring instrument is equipped with the sweep device.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

<http://www19.ipdl.jpo.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAA.IaOBmDA414156447P1...> 2004/06/14

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 制御電圧により発振周波数を可変して出力する電圧制御型発振器と、

階段波形電圧を前記電圧制御型発振器に供給し、そのときの該記電圧制御型発振器からの出力周波数を測定する周波数測定手段と、

前記周波数測定手段で得られた前記階段波形電圧の各電圧に対応する測定周波数から、スイープ速度を一定化するための印加電圧を算出し、該印加電圧を所定間隔で前記電圧制御型発振器に供給する制御手段と、
を備えることを特徴とするスイープ発振装置。

【請求項 2】 FMCW方式により対象物体までの距離計測を行うFMCW距離計測装置において、

請求項 1 記載のスイープ発振装置と、

前記スイープ発振器の電圧制御型発振器から送信波を対象物体に向けて送信する送信手段と、

前記対象物体からの反射波を受信する受信手段と、

前記受信手段により受信された反射波と、前記電圧制御型発振器からの送信波の周波数とを混合してビート信号を生成するビート信号生成手段と、

前記ビート信号に基づいて対象物体との間の距離を算出する距離算出手段と、を備えることを特徴とするFMCW距離計測装置。

【請求項 3】 スイープ発振器の周波数測定手段を起動させるための開始信号を外部から供給するための端子を備えることを特徴とする請求項 2 記載のFMCW距離計測装置。

【請求項 4】 前記送信波がマイクロ波であることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のFMCW距離計測装置。

【請求項 5】 前記送信手段及び受信手段が単一のアンテナで構成されていることを特徴とする請求項 2～4 の何れか一項に記載のFMCW距離計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、距離測定の対象物体に周波数変調（FM）波を送信し、対象物体からの反射波の受信信号に基づいて対象物体までの距離計測を行うためのスイープ発振装置及びFMCW距離計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レーダ等に広く応用されているFMCW方式による距離計測では、FM変調された送信波を対象物体に向けて送信し、対象物体からの反射波を受信して前記送信波とを混合して得られたビート信号から対象物体までの距離を求めている。

【0003】このようなFMCW方式による距離計測では、計測精度の向上のために種々の改善策が提案されており、例えば図 9 に示されるFMCW距離計測装置では、補正バイアス電圧生成部 1 にて電圧制御型発振器 2

のバイアス電圧対周波数特性を予め測定しておき、計測されたバイアス電圧対周波数特性の逆関数で補正した三角波信号を生成し、この三角波信号で電圧制御型発振器 2 の出力を制御して送信信号を発生させている。そして、この送信信号は方向性結合器 4、サーキュレータ 5、アンテナ 6 を通じて対象物体 7 に向けて送信され、対象物体 7 で反射されてその反射波がアンテナ 6 で受信される。受信された反射波は、サーキュレータ 5 を通じてミキサー 8 に入力し、ミキサー 8 にて方向性結合器 4 を通じて入力される前記送信信号と混合されてビート信号を生成し、このビート信号を基にアンテナ 6 から対象物体 7 までの距離が算出される。このようなFMCW距離計測装置では、補正した三角波信号により電圧制御型発振器 2 の周波数直線性が改善されて送信信号が安定して送信されるため、計測精度が向上する。

【0004】しかし、上記FMCW距離計測装置では、電圧制御型発振器 2 の入力電圧対発振周波数特性における非直線性を補正するデータを格納した補正テーブルを用いているが、電圧制御型発振器 2 を構成する各部品の経年変化や温度特性変化等によってスイープ速度を精度よく一定に保つことが困難であった。

【0005】また、図 10 に示すように、参照用の同軸ケーブル 17 を付加したFMCW距離計測装置も知られている。即ち、このFMCW距離計測装置では、マイクロコンピュータ（MPU）12 からのデジタルデータを D/A 変換器等（図示せず）で変換したアナログ信号が、電圧制御型発振器 14 の制御端に供給され、その発振信号が二つの高周波処理部 15a、15b に入力される。第 1 の高周波処理部 15a による送信波がアンテナ 16 から対象物体（図示せず）に向けて送信され、第 2 の高周波処理部 15b による送信波は距離参照用の同軸ケーブル 17 に入力される。同軸ケーブル 17 は、その他端において芯線と外線とが非接続（開放）又は接続（短絡）であり、インピーダンスマッチによる反射が発生するようになっている。

【0006】二つの高周波処理部 15a、15b は、それぞれに混合回路（図示せず）が内蔵されており、第 1 の高周波処理部 15a は電圧制御型発振器 14 からの送信信号とアンテナ 16 からの反射信号とを混合して第 1 のビート信号を出力し、第 2 の高周波処理部 15b は電圧制御型発振器 14 からの送信信号と同軸ケーブル 17 による反射信号とを混合して第 2 のビート信号を出力する。ここで、第 2 のビート信号の周波数は同軸ケーブル 17 の長さに対応した値となるため、この第 2 のビート信号の周波数を基準にして第 1 のビート信号の周波数とを比較することにより、アンテナ 16 と対象物体との間の距離を求めることができる。

【0007】この図 10 に示す構成のFMCW距離計測装置では、図 9 に示した構成のFMCW距離計測装置のような電圧制御型発振器 14 の構成部品の温度特性変化

や経年変化によるスイープ速度の精度悪化等の影響は受けられないものの、同軸ケーブル 17 にも温度特性があり、その補正が必要になる。また、高周波処理部は 2 つ必要であり、それに付随する二つのビート信号処理回路、更にはビート信号の比較処理部（何れも図示せず）等も必要になることから、信号処理が複雑になり、また装置規模も大きくなる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、装置の大型化を招来することなく、高精度の距離計測が可能になるスイープ発振装置及び FMCW 距離計測装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明のスイープ発振装置は、制御電圧により発振周波数を可変して出力する電圧制御型発振器と、階段波形電圧を前記電圧制御型発振器に供給し、そのときの該電圧制御型発振器からの出力周波数を測定する周波数測定手段と、前記周波数測定手段で得られた前記階段波形電圧の各電圧に対応する測定周波数から、スイープ速度を一定化するための印加電圧を算出し、該印加電圧を所定間隔で前記電圧制御型発振器に供給する制御手段とを備える。

【0010】また、上記の目的を達成するために本発明の FMCW 距離計測装置は、上記のスイープ発振装置と、前記スイープ発振器の電圧制御型発振器から送信波を対象物体に向けて送信する送信手段と、前記対象物体からの反射波を受信する受信手段と、前記受信手段により受信された反射波と、前記電圧制御型発振器からの送信波の周波数とを混合してビート信号を生成するビート信号生成手段と、前記ビート信号に基づいて対象物体との間の距離を算出する距離算出手段とを備えることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明のスイープ発振装置及び FMCW 距離計測装置に関して図面を参照して詳細に説明する。尚、説明の都合上、以下に示す実施形態では、スイープ発振装置を備えた FMCW 距離計測装置として説明する。

【0012】図 1 は本発明の第 1 実施形態における構成を示すブロック図である。図示されるように、この FMCW 距離計測装置は、距離計測にかかる全体の制御を実行するマイクロコンピュータ (MPU) 20 を備える。このマイクロコンピュータ 20 は、ビート信号に含まれる周波数成分から対象物体までの距離を算出する処理や以降で詳細に説明する (1) 送信系評価フェーズ、

(2) 制御データ算出フェーズ及び (3) 距離測定フェーズを実行する CPU 21、電圧制御型発振器 37 の発

振周波数を測定するためのカウンタ 22 を含んでいる。

【0013】また、この FMCW 距離計測装置は、マイクロコンピュータ 20 からの、以降で詳細に説明するデジタルデータを、アナログ電圧に変換して出力する D/A 変換器 35 と、この D/A 変換器 35 からのアナログ電圧に重畳している高域周波数を遮断して出力するローパスフィルタ 36 と、ローパスフィルタ 36 からの制御電圧 (アナログ電圧) で発振周波数の値を制御して送信信号を出力する電圧制御型発振器 37 とを有している。

10 【0014】更に、この FMCW 距離計測装置は、電圧制御型発振器 37 からの送信信号を分周して出力するプリスケアラ (分周器) 38 と、電圧制御型発振器 37 からの送信信号の大部分を通過させ、かつ残部を分岐して混合器 41 に出力する方向性結合器 39 と、この方向性結合器 39 で分岐された送信信号をアンテナ 42 に出力し、かつアンテナ 42 より出力された送信波が対象物体 (図示せず) で反射され、アンテナ 42 で受信された反射波を混合器 41 に出力するサーキュレータ 40 とを有している。

20 【0015】次に、上記 FMCW 距離計測装置の距離を計測するときの動作について説明する。図 1 を参照すると、先ず、マイクロコンピュータ 20 に内蔵されたメモリ (図示せず) 上、もしくは外部メモリ (図示せず) 上に格納されたプログラムを実行する CPU 21 からのデジタルデータが、D/A 変換器 35 に入力されてアナログ制御電圧が出力される。この制御電圧がローパスフィルタ 36 からその高域周波数が遮断されて出力される。このローパスフィルタ 36 からの制御電圧が電圧制御型発振器 37 の制御端に入力される。

30 【0016】そして、電圧制御型発振器 37 は制御端に入力された制御電圧の値に基づいた周波数の送信信号を出力する。この送信信号は方向性結合器 39 に入力され、次いでサーキュレータ 40 の第 1 端に入力し、第 2 端から送信信号がアンテナ 42 に与えられ、送信波となって対象物体に放射される。そして、対象物体による反射波はアンテナ 42 で受信され、サーキュレータ 40 の第 3 端から混合器 41 に出力される。また、混合器 41 には、方向性結合器 39 で分岐された送信信号が入力され、反射信号と混合されて、その周波数差のビート信号が MPU 20 または外部処理装置、例えば装置全体を統括制御するホストコンピュータに出力される。

40 【0017】また、電圧制御型発振器 37 からの送信信号の一部はプリスケアラ 38 に入力し、分周された後、マイクロコンピュータ 20 内のカウンタ 22 によりその周波数が測定される。

【0018】ところで、FMCW 方式による対象物体までの距離 (R [m]) は、以下の式 (1) ~ (4) から算出することが出来る。

$$R = 1/2 \cdot t_d \cdot c$$

... (1)

$$\Delta F / T = f b / t d$$

… (2)

ここで、

$t d$: 対象物体との間の送信波の往復時間 [sec]

ΔF : スイープ周波数幅 [Hz]

T : スイープ時間 [sec]

$$R = c \cdot f b \cdot T / 2 \Delta F = c \cdot f b / 2 V f \quad \dots (3)$$

$$f b = 2 \Delta F \cdot R / (c \cdot T) = 2 V f \cdot R / c \quad \dots (4)$$

【0019】従って、スイープ速度 ($V f$) 及びビート信号の周波数 ($f b$) から対象距離までの距離 R が求められるが、正確な距離計測を行うにはスイープ速度を一定にする必要がある。本発明では、以下に示す (1) 送信系評価フェーズ、(2) 制御データ算出フェーズ及び (3) 距離測定フェーズを実行することにより、スイープ速度の一定化を実現する。

【0020】次に、本発明に対応した動作の詳細について説明する。図2は電圧制御型発振器37の出力周波数の制御を行うための手順を示すブロック図であり、各要素は括弧内に符号を付記している。基本的な動作は、次の3つのフェーズから構成される。

- (1) 送信系評価フェーズ
- (2) 制御データ算出フェーズ
- (3) 距離計測フェーズ

【0021】(1) 送信系評価フェーズ

この送信系評価フェーズは、マイクロコンピュータ20が電圧制御型発振器37の特性を評価するものである。この送信系評価フェーズでは、D/A変換器35に入力されるマイクロコンピュータ20からのデジタルデータ値と電圧制御型発振器37の発振信号の周波数との関係の評価して、デジタルデータ値対周波数特性を得る。

【0022】ここで、マイクロコンピュータ20からのデジタルデータについて説明する。このデジタルデータの値は、電圧制御型発振器37の発振周波数を決定する制御電圧の値に対応するものであり、電圧制御型発振器37の発振周波数をCPU21が制御するために用いられる。CPU21では、電圧制御型発振器37を正確に制御するため、CPU21と電圧制御型発振器37との間に設けられるD/A変換器35、ローパスフィルタ36及び電圧制御型発振器37の非直線性、温度特性及び経年変化の影響などによる電圧制御型発振器37の発振周波数の直線性を補正する。この補正を実現するためのデジタルデータを、マイクロコンピュータ20が出力する。

【0023】図3は送信系評価フェーズにおける処理手順を示すフローチャートである。この図3、図2及び図1を参照すると、端子Tにタイミング信号が入力するのに伴って送信系評価フェーズの動作が開始され、先ずマイクロコンピュータ20が、電圧制御型発振器37の評価開始電圧に対応するデジタルデータ x をD/A変換器35に出力し、ここでアナログの制御電圧に変換する (ステップS11)。

$f b$: ビート信号の周波数

c : 光速 [m]

である。また、 $V f$: スイープ速度 ($= \Delta F / T$) とすると、(3)、(4)式が成立する。

【0024】このD/A変換器35からの制御電圧がローパスフィルタ36に入力され、ここで高域周波数成分を除去して電圧制御型発振器37に供給される。このとき同時にマイクロコンピュータ20内蔵のタイマ (図示せず) を起動するとともに、0クリアされたカウンタ22のカウント動作を開始させる。また、電圧制御型発振器37からの送信信号がプリスケアラ38で分周され、この分周した送信信号の周波数をマイクロコンピュータ20内のカウンタ22により、タイマで生成される一定時間カウントして測定する (ステップS12)。

【0025】次に、一定時間の経過を判定し、分周した送信信号の周波数測定の完了を判断する (ステップS13)。周波数測定が未終了の場合 (S13: No)、この一定時間の経過判定を繰り返し、その測定が終了した場合 (S13: Yes)、カウンタ22のカウント動作を終了し、そのカウンタ22から読み出されたカウント値とタイマによる一定時間の値及びプリスケアラ38での分周比から電圧制御型発振器37の発振周波数に換算し、このデータをマイクロコンピュータ20内のメモリ (図示せず) に記憶する (ステップS14)。

【0026】次に、デジタルデータ x に増加分 Δx を加算してデジタルデータ X とする (ステップS15)。更に、デジタルデータ X の値が電圧制御型発振器37の評価終了の電圧に対応するデジタルデータ値に達したかを判断する (ステップS16)。達していない場合には (S16: No)、ステップS12に戻り、達していた場合には (S16: Yes)、この送信系評価フェーズの終了となる。

【0027】図4は上記フローチャートにおいて、電圧制御型発振器37の制御端に入力される制御電圧を示す図である。図示されるように、制御電圧は階段状に増加しており、電圧が一定の期間 (図中「周波数測定範囲」) に発振周波数を測定する。この測定は、プリスケアラ38を通じてマイクロコンピュータ20で行う。そして、例えば図5に示すようなデジタルデータ x と発振周波数 (f) との関係が求められる。

【0028】(2) 制御データ算出フェーズ

この制御データ算出フェーズでは、上記 (1) 送信系評価フェーズで測定したデータと電圧制御型発振器37の発振周波数とから、後段の (3) 距離計測フェーズで使用する、電圧制御型発振器37の発振周波数を制御するための制御電圧の値 (デジタルデータの値) をマイクロコンピュータ20で算出する。

【0029】ここでは、図6に示すような電圧制御型発振器37の発振周波数と時間との関係を使用する。即ち、スイープ開始であるタイミングT0からスイープ終了のタイミングTnの間をn分割し、分割したそれぞれをタイミングT1、T2…Tnとし、その間を増加分時間 ΔT とする。また、タイミングT0における電圧制御型発振器37の発振周波数F0とし、同様にタイミングT1、T2…Tnに対する発振周波数をそれぞれF1、F2…Fnとする。また、タイミングT0からタイミングTm内の増加分時間 ΔT による電圧制御型発振器37の発振周波数の変化は一定であり、この変化を周波数増加分 ΔF とする。

【0030】そして、図5に示したデータに図6の関係を対応付けると、図7に示すように発振周波数F0、F1、F2…Fnのそれぞれに対応するデジタルデータの値が得られ、それらをデジタルデータ値X0、X1、X2…Xnとする。このデジタルデータ値X0、X1、X2…Xnが、後段の(3)距離計測フェーズで使用する、電圧制御型発振器37の発振周波数を制御するためのマイクロコンピュータ20からのデジタルデータ(発振制御データ)となる。

【0031】(3) 距離計測フェーズ

この距離計測フェーズでは先ず、上記(2)制御データ算出フェーズで算出した制御データX0が、スイープ開始のタイミングT0にてマイクロコンピュータ20からD/A変換器35に出力される。そして、それ以後は順次タイミングT1、T2…Tnのそれぞれに対応したデジタルデータ値X1、X2…Xnがマイクロコンピュータ20からD/A変換器35に出力される。次いで、D/A変換器35からの制御電圧の高域周波数成分がローパスフィルタ36で除去され、この制御電圧が電圧制御型発振器37の制御端に入力される。その結果、電圧制御型発振器37での発振信号は直線性に優れたスイープ特性を示し、その送信波がアンテナ42から対象物体に向けて送信される。

【0032】上記の如くスイープ速度が一定になることによって、ビート信号の周波数変動が生じなくなり、高精度の距離計測が可能になる。

【0033】尚、上記において、(1)送信系評価フェーズは一定時間毎に起動してもよいし、(3)距離計測フェーズにおいて所定回数の距離計測を実行した後に

(1)送信系評価フェーズに自動的に移行するようにしてもよい。これらは、端子Tにそれぞれに対応するタイミング信号を入力すること、あるいは直接送信系評価フェーズの先頭にジャンプすることにより容易に達成できる。更に、FMCW距離計測装置に接続されている外部装置からの信号を端子Tに与えることにより、(1)送信系評価フェーズを起動してもよい。このようにすることにより、真に距離計測する前に端子Tに信号が与えられるようになるので、必要なときに直線性

の校正ができるようになる。

【0034】また、方向性結合器39及びサーキュレータ40に代えて、同等の機能を有するハイブリット回路を用いてもよい。

【0035】更に、(2)制御データ算出フェーズにおいて離散データを直線補間する例をもって説明したが、多次曲線で補間しても良い。この場合、よりスイープ速度を一定に保持できるため、距離計測精度が更に向上する。この多次曲線での補間では、離散データ量が低減するため、測定する周波数点が少なくなり(1)送信系評価フェーズの動作時間を短く出来るようになる。即ち、

(1)送信系評価フェーズ及び(2)制御データ算出フェーズは、距離計測が出来できない時間帯であり、距離計測の応答時間が問題になるような、高速での距離計測が要求される場合は、離散データ量が低減する多次曲線での補間を適用するのが好ましい。

【0036】次に第2実施形態について説明する。

【0037】図8は第2実施形態の構成を示すブロック図である。図示されるように、この第2実施形態は、図1に示した第1実施形態における電圧制御型発振器37の出力端とカウンタ22との間に、発振器と混合器とからなるダウンコンバータ50を設けて構成される。その他の構成は第1実施形態と同一である。

【0038】この第2実施形態は、特に電圧制御型発振器37の発振周波数が比較的高い場合に有効である。即ち、電圧制御型発振器37の発振周波数が高く、プリスケラ38の動作最高周波数を越える場合には、分周が出来なくなるため、ダウンコンバータ50を用いて電圧制御型発振器37の発振周波数を低い周波数に変換してからプリスケラ38に出力する。そして、プリスケラ38の出力信号をカウンタ22が測定する。その他の動作は第1実施形態と同一である。

【0039】尚、この第2実施形態において、ダウンコンバータ50の発振部は、例えば誘電体共振器とトランジスタを組み合わせた誘電体発振器を用いるのが一般的であるが、発振周波数の精度が距離計測の精度に直接影響するため、特に高精度の距離測定が必要な場合は安定した発振周波数が得られる水晶制御発信器等を用いる必要がある。

【0040】上記各実施形態において、電圧制御型発振器37をマイクロ波発振ダイオードもしくはマイクロ波帯用の電圧制御型発信器とすることにより、送信波をマイクロ波とすることが出来る。マイクロ波は、光学方式が適用出来ない高温環境、水蒸気やミスト等の障害物が浮遊しているような環境等でも対象物体の検出が可能である。従って、上記のスイープ発振器にマイクロ波発振ダイオードもしくはマイクロ波帯用の電圧制御型発信器を組み込むことにより、より広範な用途において正確な距離計測が可能になる。

【0041】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、電圧制御型発振器におけるスイープ速度を一定化して高精度の距離計測が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るスイープ発振装置及びFMCW距離計測装置の第1実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】第1実施形態の動作を説明するための機能ブロック図である。

【図3】第1実施形態における送信系評価フェーズの処理手順を示すフローチャートである。

【図4】第1実施形態において使用する電圧制御型発振器の制御信号を示す図である。

【図5】第1実施形態の送信系評価フェーズで測定したデータの一例を示す図である。

【図6】第1実施形態における距離計測フェーズで使用する発振周波数と時間との関係を示すための図である。

【図7】第1実施形態における離散データの間を直線補間した発振周波数と時間との関係を示すための図である。

ある。

【図8】第2実施形態の構成を示すブロック図である。

【図9】従来のFMCW距離計測装置の構成を示すブロック図である。

【図10】従来例における他のFMCW距離計測装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

20 マイクロコンピュータ

21 CPU

22 カウンタ

35 D/A変換器

36 ローパスフィルタ

37 電圧制御型発振器

38 プリスケアラ

39 方向性結合器

40 サークュレータ

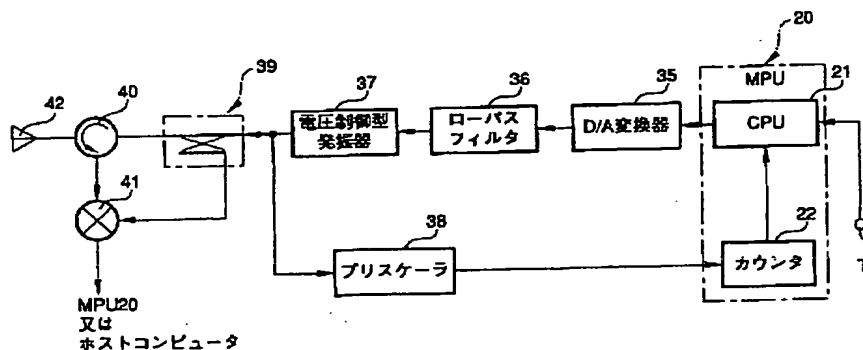
41 混合器

42 アンテナ

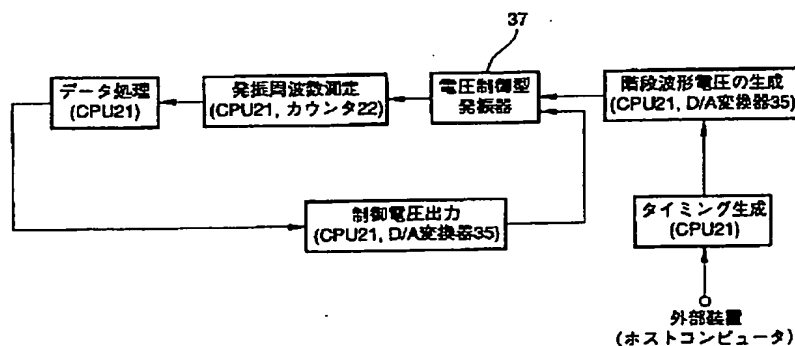
50 ダウンコンバータ

20 T 入力端子

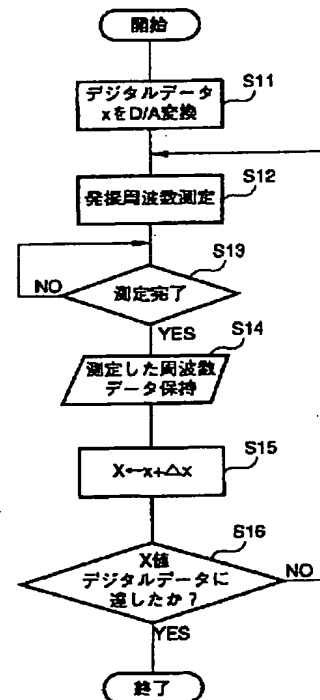
【図1】



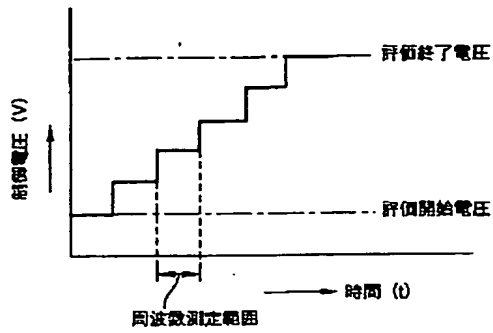
【図2】



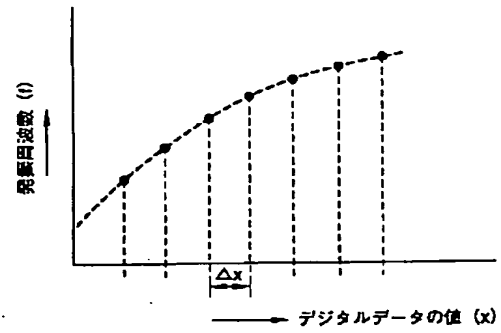
【図3】



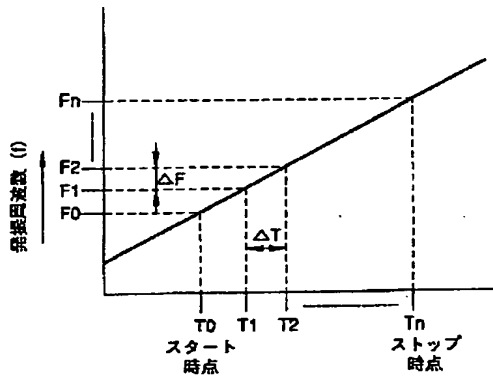
【図4】



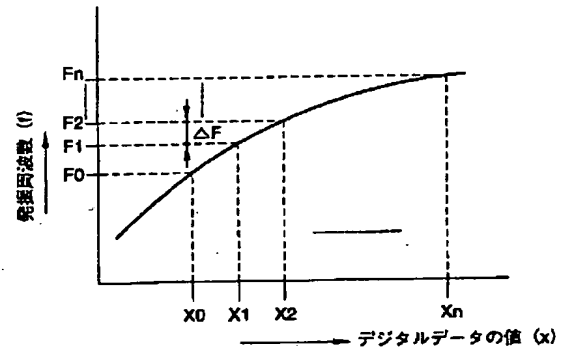
【図5】



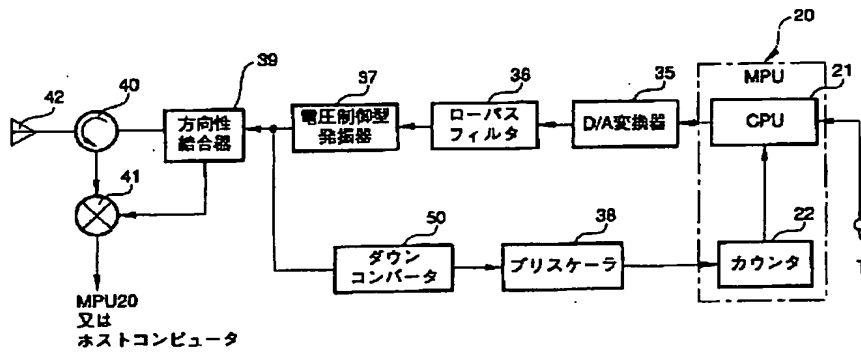
【図6】



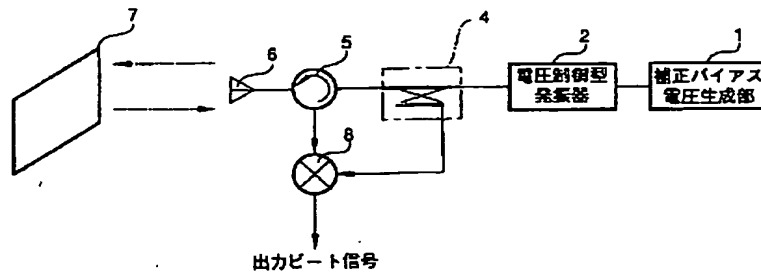
【図7】



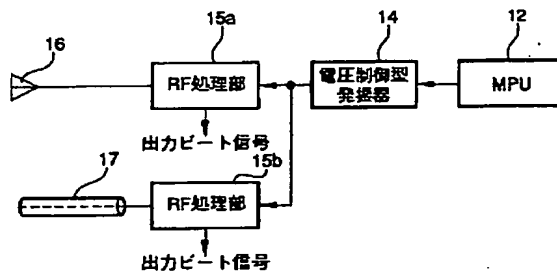
【図8】



【図9】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.